

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-137557

(P2018-137557A)

(43) 公開日 平成30年8月30日(2018.8.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO 1 P 7/00 (2006.01) HO 1 P 7/00 Z 5 J 0 0 6

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2017-29511 (P2017-29511)
 (22) 出願日 平成29年2月20日 (2017.2.20)

(71) 出願人 597065329
 学校法人 龍谷大学
 京都府京都市伏見区深草塚本町67番地
 (74) 代理人 100121337
 弁理士 藤河 恒生
 (72) 発明者 石崎 俊雄
 滋賀県大津市瀬田大江町横谷1-5 学校
 法人龍谷大学内
 Fターム(参考) 5J006 HC03 HC13

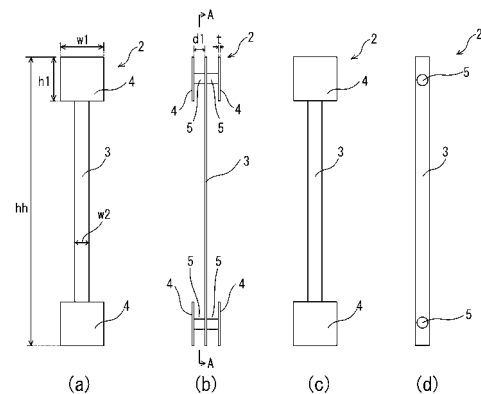
(54) 【発明の名称】 人工誘電体及び人工誘電体共振器

(57) 【要約】

【課題】高い誘電率であり、かつ、損失が低減された人工誘電体を提供する。

【解決手段】この人工誘電体1は、平面上に形成された細長い線路導体3と、線路導体3の少なくとも一方の端部において厚さ方向に配置された容量電極導体4と、線路導体3と容量電極導体4とを接続する接続導体5と、を有する単位セル2を複数個含むものである。容量電極導体4は、線路導体3の両端に形成されており、線路導体3の厚さ方向の両側に配置されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平面上に形成された細長い線路導体と、
該線路導体の少なくとも一方の端部において厚さ方向に配置された容量電極導体と、
前記線路導体と前記容量電極導体とを接続する接続導体と、
を有する単位セルを複数個含むことを特徴とする人工誘電体。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の人工誘電体において、
前記容量電極導体は、前記線路導体の両端に形成されていることを特徴とする人工誘電体。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の人工誘電体において、
前記容量電極導体は、該線路導体の厚さ方向の両側に配置されていることを特徴とする人工誘電体。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の人工誘電体において、
前記単位セルの前記容量電極導体は、他の前記単位セルの前記容量電極導体又は前記線路導体と厚さ方向に対向するように配置されていることを特徴とする人工誘電体。

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の人工誘電体を含む人工誘電体共振器において、
共振モードにおいて磁界のエネルギーが大きい領域の前記単位セルは、前記線路導体の幅が前記容量電極導体の幅より狭く、電界のエネルギーが大きい領域の前記単位セルは、前記磁界のエネルギーが大きい領域の前記単位セルよりも前記線路導体の幅が広いことを特徴とする人工誘電体共振器。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人工誘電体及び人工誘電体共振器に関する。

【背景技術】

【0002】

スマートフォン等の携帯通信機の基地局などで用いられる高周波フィルタは、高性能化又は小型化のために、高い誘電率の誘電体を用いた誘電体共振器を有する場合が少なくない。誘電体共振器は、誘電体を特定の大きさと形状にすることにより、それらと誘電率によって定まる所望の周波数で共振させることができる。

30

【0003】

誘電体共振器としては、人工誘電体を用いたもの（人工誘電体共振器）が提案されている。人工誘電体は、多数の導体の集合から成るものである。この人工誘電体は、電界を印加したとき導体において電荷が移動して（分極電流が流れて）分極することで誘電体として振る舞い、その電荷の多さと移動距離の大きさにより、導体の大きさや形状に応じて高い等価的な誘電率を得ることが出来る。その結果、人工誘電体共振器は、小型化が実現できる。なお、人工誘電体は、各導体の保持のため、何らかの母材中にそれらが配置される。母材は、低い誘電体損（ \tan ）のものが用いられる。

40

【0004】

例えば、特許文献 1 には、複数個の導体片（金属ストリップ）を長手方向に配列した第 1 系列のもの及び第 2 系列のものを有し、第 1 系列の導体片と第 2 系列の導体片とは互いに間隙を跨ぐように厚さ方向に近接して配置されている人工誘電体とそれを用いた人工誘電体共振器が開示されている。

【0005】

また、非特許文献 1 には、導体片の長手方向の中央部分の幅を狭めてダンベル形状とした人工誘電体とそれを用いた人工誘電体共振器が開示されている。人工誘電体は、一般に

50

、磁界に反応して流れる誘導電流より損失が生じることになる。ダンベル形状の人工誘電体は、導体片の面積を狭め隣接する導体片間の距離を長くすることで磁界への導体片の影響を小さくし、それにより磁界の集中を抑制できる。そうすることによって誘導電流の最大値を下げ、それにより、誘導電流による損失を低減させることが可能である。その結果、人工誘電体共振器のQ値を高くすることも可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2013-168752号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】粟井 郁雄、“右手系メタ物質の開発と応用”、MWE2005 ワークショップダイジェスト、2005年11月、WS01-03

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1に開示の人工誘電体は、第1系列の導体片と第2系列の導体片の間に大きな容量値が生じて多量の電荷が引き寄せられるので、高い（人工誘電体の中においても高い）誘電率を得ることができる。しかし、人工誘電体共振器は、Q値の向上など性能の向上が常に求められており、特許文献1のような人工誘電体においても、高い誘電率とともに、損失の低減が求められている。

【0009】

そこで、本願発明者は、誘導電流による損失を低減させるために、特許文献1に開示の人工誘電体の導体片に非特許文献1に開示のダンベル形状を適用することを検討した。しかし、ダンベル形状の導体片はその平面（表面及び裏面）に垂直な又は垂直に近い磁界に対しては導体片の影響を小さくできるものの、平行な又は平行に近い磁界に対しては、第1系列の導体片と第2系列の導体片の間の距離を長くせざるを得ない。しかし、そうすると、第1系列の導体片と第2系列の導体片の間の容量も減少してしまい、等価的な誘電率が減少することになる。

【0010】

本発明は、係る事由に鑑みてなされたものであり、その目的は、高い誘電率であり、かつ、損失の低減が可能な構造の人工誘電体及び人工誘電体共振器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の人工誘電体は、平面上に形成された細長い線路導体と、該線路導体の少なくとも一方の端部において厚さ方向に配置された容量電極導体と、前記線路導体と前記容量電極導体とを接続する接続導体と、を有する単位セルを複数個含むことを特徴とする。

【0012】

請求項2に記載の人工誘電体は、請求項1に記載の人工誘電体において、前記容量電極導体は、前記線路導体の両端に形成されていることを特徴とする。

【0013】

請求項3に記載の人工誘電体は、請求項1又は2に記載の人工誘電体において、前記容量電極導体は、該線路導体の厚さ方向の両側に配置されていることを特徴とする。

【0014】

請求項4に記載の人工誘電体は、請求項1に記載の人工誘電体において、前記単位セルの前記容量電極導体は、他の前記単位セルの前記容量電極導体又は前記線路導体と厚さ方向に対向するように配置されていることを特徴とする。

【0015】

請求項5に記載の人工誘電体共振器は、請求項1～4のいずれか1項に記載の人工誘

10

20

30

40

50

電体を含む人工誘電体共振器において、共振モードにおいて磁界のエネルギーが大きい領域の前記単位セルは、前記線路導体の幅が前記容量電極導体の幅より狭く、電界のエネルギーが大きい領域の前記単位セルは、前記磁界のエネルギーが大きい領域の前記単位セルよりも前記線路導体の幅が広いことを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明の人工誘電体及び人工誘電体共振器によれば、高い誘電率であり、かつ、損失の低減が可能な構造とすることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態に係る人工誘電体の単位セルを示すもので、(a)が正面図、(b)が右側面図、(c)が背面図、(d)がA-A線で切断した断面図である。

【図2】同上の人工誘電体の複数の単位セルの位置関係を示す右側面図である。

【図3】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の一例を示す正面図である。

【図4】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器であって図3に示したものの中で一列を成す複数の単位セルを示す右側面図であり、(a)は例えば右端の一列のもの、(b)は例えば右端から2番目の一列のものである。

【図5】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の図3に示す例との比較のための人工誘電体共振器を示す正面図である。

【図6】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の図3に示す例との比較のための人工誘電体共振器を示すものであって、(a)が単位セルの正面図、(b)が複数の単位セルの位置関係を示す右側面図、(c)が図5に示したものの中で例えば右端の一列を成す複数の単位セルを示す右側面図であり、(d)が図5に示したものの中で例えば右端から2番目の一列を成す複数の単位セルを示す右側面図である。

【図7】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の磁界の様子を示す図である。

【図8】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の他の例を示す正面図である。

【図9】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の図8に示す例との比較のための比較例である。

【図10】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の図8に示す例との比較のための別の比較例である。

【図11】同上の人工誘電体の人工誘電体共振器の図8、図9、図10に示す例における無負荷Q値の特性を示すグラフである。

【図12】同上の人工誘電体の単位セルの他の変形例を示すもので、(a)が背面図、(b)が右側面図、(c)が複数の単位セルの位置関係を示す右側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照しながら説明する。本発明の実施形態に係る人工誘電体1は、単位セル2を複数個含むものである。単位セル2は、図1(a)、(b)、(c)、(d)に示すように、線路導体3と容量電極導体4と接続導体5とを有する。

【0019】

線路導体3は、平面上に形成された細長いものである。一般には、線路導体3は、薄板状の金属ストリップであり、そのアスペクト比が大きい(長手方向に長い)ものである。線路導体3の金属ストリップは、通常、多層構造の母材6(例えば、樹脂多層基板やLTC C C(低温同時焼成セラミック)基板などの積層基板)(図1(a)~(d)では図示せず)中の一つの金属層(例えば、銅の層)の1個のパターンとして形成される。

【0020】

線路導体3の幅 w_2 は、後述する容量電極導体4の幅 w_1 よりも狭くしている。後述する接続導体5との接続等のために、線路導体3の両端部近傍の幅を少し広くすることも可能である。

【0021】

10

20

30

40

50

容量電極導体 4 は、線路導体 3 の両端部（図 1（a）～（d）においては上端部と下端部）において厚さ方向（図 1（b）においては左右方向）の両側に配置されている。つまり、単位セル 2 は、計 4 個の容量電極導体 4 を有している。

【0022】

また、容量電極導体 4 は、図 2 に示すように、他の単位セル 2 の容量電極導体 4 と厚さ方向に対向するように配置され得る。それにより、容量電極導体 4 は、他の単位セル 2 の容量電極導体 4 との間に、容量電極導体 4 のサイズ及びそれらの間の距離に応じて、大きな容量値を生じさせることができる。容量電極導体 4 は、通常、薄板状の金属ストリップである。容量電極導体 4 の金属ストリップは、母材 6 中の線路導体 3 の金属ストリップの金属層とは異なる層の金属層（例えば、銅の層）の 1 個のパターンとして形成される。なお、容量電極導体 4 は、少なくとも 1 個が他の単位セル 2 の容量電極導体 4 と対向しており、人工誘電体 1 における単位セル 2 の位置によっては、4 個の容量電極導体 4 の全てについて他の単位セル 2 の容量電極導体 4 に対向しているものも有るし、1 個だけが他の単位セル 2 の容量電極導体 4 に対向しているものも有り得る（後述する図 4（a）、（b）参照）。

10

【0023】

接続導体 5 は、線路導体 3 と容量電極導体 4 とを接続する導体である。接続導体 5 は、通常、多層構造の母材 6 において所定径のピアホールを容量電極導体 4 の中心部から線路導体 3 の間に形成しておき、導体（例えば、銅などの金属）を埋め込むことによって、容量電極導体 4 の形成前の工程又はその形成と同じ工程で形成される。

20

【0024】

以上説明した構成の単位セル 2 は、様々な配列が可能であり、それにより様々な特性の人工誘電体 1 を形成することが可能である。例えば、図 3 及び図 4（a）、（b）に示すように配列することが可能である。図 3 及び図 4（a）、（b）に示す人工誘電体 1 は、20 列であり、それぞれの列において、単位セル 2 の容量電極導体 4 が他の単位セル 2 の容量電極導体 4 と、図 2 に示したように厚さ方向に対向するようにして、一列に配列している。各一列において厚さ方向に 6 個の単位セル 2 が、容量電極導体 4 の位置において、重なっている。なお、図 3 及び図 4（a）、（b）においては、人工誘電体 1 の両端部に配置される単位セル 2 は、線路導体 3 の途中で切れた形状であり、上側のものを符号 2'、下側のものを符号 2'' で示している。

30

【0025】

人工誘電体 1 は、印加された電界によって単位セル 2 の中の電荷が移動し、線路導体 3 の一方の端部に配置された容量電極導体 4 に正の電荷又は負の電荷、線路導体 3 の他方の端部に配置された容量電極導体 4 に負の電荷又は正の電荷が集まる。この状態が、単位セル 2 が分極を起こした状態であり、これら集まった正の電荷と負の電荷は、単位セル 2 内で電気双極子を構成する。電気双極子における電荷の量と分極距離とを乗じて得られる双極子モーメントが大きいほど、高い誘電率を得ることが出来る。単位セル 2 の容量電極導体 4 は、他の単位セル 2 の容量電極導体 4 との間に大きな容量値を生じさせることができるので、多くの電荷が集まり、双極子モーメントが大きくなり、高い（人工誘電体の中においても高い）誘電率が得られる。

40

【0026】

人工誘電体 1 は、それが形成されていない母材 6 の部材を含めて、人工誘電体共振器 7 を形成することができる。

【0027】

図 3 のように直線状に単位セル 2 を配列した人工誘電体 1 は、その直線の方向に印加された電界に対して高い誘電率を示す。それにより、図 3 に示す人工誘電体共振器 7 は、電磁界の電界成分が単位セル 2 を配列した直線方向のモードで共振するようにすると、高い誘電率での共振モードとすることができる。なお、環状など他の形状に単位セル 2 を配列した人工誘電体 1（及び人工誘電体共振器 7）の場合でも、同様にして高い誘電率での共振モードとすることができる。

50

【 0 0 2 8 】

上記の単位セル 2 を配列した人工誘電体 1 は、以下に説明するように、損失を低減することができる。

【 0 0 2 9 】

人工誘電体 1 は、単位セル 2 の線路導体 3 と他の単位セル 2 の線路導体 3 との間の厚さ方向の距離を大きくすることができる（図 2 及び図 4（a）、（b）参照）。そうすると、単位セル 2 の線路導体 3 と他の単位セル 2 の線路導体 3 との間は水平方向又は水平方向に近い磁界が通り易くなり、単位セル 2 の影響による磁界の集中が抑制される。また、線路導体 3 の幅 w_2 が狭いのでその平面（表面及び裏面）に垂直な又は垂直に近い磁界に対しても単位セル 2 の影響による磁界の集中が抑制される。このように磁界の集中が抑制されることにより、磁界に反応して流れる誘導電流の最大値が下がり、誘導電流による損失を低減させることができる。その結果、人工誘電体共振器 7 の Q 値を高くすることができる。

10

【 0 0 3 0 】

また、下記の表 1 は、人工誘電体共振器 7 と図 5 で示す比較のための人工誘電体共振器 10 について、シミュレーションを行った結果の共振周波数、誘電体損（ $\tan \delta$ ）を 0.001 にしたときの無負荷 Q の値及び共振周波数の平方根で割って規格化した無負荷 Q の値、誘電体損を 0 にしたときの無負荷 Q の値及び規格化した無負荷 Q の値、を示すものである。人工誘電体共振器 10 は、図 6（a）で示す単位セル 9 を図 6（b）、（c）、（d）で示すようにして複数個配列した人工誘電体 8 により形成されている。単位セル 9 は、薄板状の金属ストリップである。人工誘電体共振器 10 は、特許文献 1 に開示されたものとは、直線状、環状の違いを除いて、同様の構造である。なお、図 5 においては、人工誘電体 8 の両端部に配置される単位セル 9 は途中で切れた形状であり、上側のものを符号 9'、下側のものを符号 9'' で示している。

20

【 0 0 3 1 】

【表 1】

	人工誘電体共振器 7	人工誘電体共振器 10
共振周波数	2.02 GHz	2.11 GHz
無負荷 Q の値 ($\tan \delta = 0.001$)	616	541
規格化された無負荷 Q の値 ($\tan \delta = 0.001$)	433	372
無負荷 Q の値 ($\tan \delta = 0$)	1403	1086
規格化された無負荷 Q の値 ($\tan \delta = 0$)	987	748

30

40

【 0 0 3 2 】

表 1 より、人工誘電体共振器 7 の無負荷 Q の値（及び規格化した無負荷 Q の値）は、人工誘電体共振器 10 のものより明らかに高く、しかも、誘電体損を 0 とした時にその差が広がっている。このことより、単位セル 2 を複数個配列した人工誘電体 1 により形成され

50

た人工誘電体共振器 7 では、磁界に反応して流れる誘導電流による損失が低減されていることが確認できる。

【0033】

なお、シミュレーションの条件は、単位セル 2 の長さ h_h が 5.8 mm、容量電極導体 4 の長さ h_1 と幅 w_1 がともに 0.8 mm、線路導体 3 の幅 w_2 が 0.3 mm、各金属層（線路導体 3 など）の厚さ t が 18 μm 、線路導体 3 と容量電極導体 4 の間の距離 d_1 が 127 μm 、接続導体 5 の直径が 0.2 mm である（図 1 参照）。単位セル 2 の容量電極導体 4 と他の単位セル 2 の容量電極導体 4 の間の距離 d_2 が 127 μm である（図 2 参照）。単位セル 2 の 1 列と隣接する 1 列との平面上の距離 s_s が 0.2 mm、母材 6 の長さ H と幅 W がそれぞれ 20 mm、30 mm である（図 3 参照）。母材 6 の比誘電率が 2.19 である。また、比較の人工誘電体共振器 10 の人工誘電体 8 の単位セル 9 の長さ h_h が 2.3 mm であり、その他については、人工誘電体共振器 7 と同じ符号のものは上記と同じ値である。

10

【0034】

次に、人工誘電体共振器における人工誘電体 1 での損失の更なる低減について説明する。

【0035】

図 3 のように直線状に単位セル 2 を配列した人工誘電体 1 を用いた人工誘電体共振器 7 は、詳細には、共振モードが TM モードであり、単位セル 2 の配列方向に沿う電界を周回するように磁界が存在する（図 7 参照）。また、人工誘電体 1 の中央付近に電界が集中する。従って、単位セル 2 の平面（表面又は裏面）における垂直な磁界成分は人工誘電体 1 の縁部に近づくほど増加する傾向になり、磁界の方向は斜めになる。なお、図 7 は、人工誘電体 1 において単位セル 2 の配列方向に垂直な断面で、線路導体 3 のみが存在する部分を切断した右半分における磁界の様子をシミュレーションによって示した図である。ただし、ここでは、磁界の様子の傾向が分かり易いように、線路導体 3 の幅 w_2 が容量電極導体の幅 w_1 と等しくなるように拡げて 0.8 mm としたもの（後述する単位セル 2 A と同様なもの）を用いており、単位セル 2 の配列が 8 列のもの（従って図示は 4 列）を用いている。図 7 中の直線の線分は、各単位セル 2 の線路導体 3 を示している。また、矢印の大きさは、磁界の大きさを示している。

20

【0036】

図 8 に示す人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 は、その縁部近傍領域 1 a（詳細には、両側の縁部近傍の 5 列）に図 1 に示した形状の単位セル 2 を用いている。一方、人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 の中央部近傍領域 1 b（詳細には、中央部近傍の 10 列）では、単位セル 2 を変形して線路導体 3 の幅 w_2 を広げて容量電極導体 4 の幅 w_1 と等しくした単位セル 2 A を用いている。なお、人工誘電体共振器 7 A（及び後述する 7 B、7 C）における単位セル 2 又は単位セル 2 A の線路導体 3 は、図 3 で示したものよりも長くしている。また、図 8（及び図 9、図 10）においては、人工誘電体 1 の両端部に配置される単位セル 2（又は 2 A）は、線路導体 3 の途中で切れた形状であり、上側のものを符号 2'（又は 2 A'）、下側のものを符号 2''（又は 2 A''）で示している。

30

【0037】

人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 の縁部近傍領域 1 a は、共振モードにおいて磁界のエネルギーが大きい（電界のエネルギーと比べて大きい）領域である。ここでは、上述した人工誘電体共振器 7 と同様にして、磁界の集中を抑制することにより、磁界に反応して流れる誘導電流の最大値（詳細には、最も縁部の線路導体 3 に流れる周回電流の値）を下げ、誘導電流による損失を低減させることができる。

40

【0038】

人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 の中央部近傍領域 1 b は、共振モードにおいて電界のエネルギーが大きい（磁界のエネルギーと比べて大きい）領域である。従って、中央部近傍領域 1 b では、縁部近傍領域 7 A a に比べて、周回電流による損失は大きくはない。その一方、線路導体 3 の幅が狭いほど、誘電体として振る舞う上での電荷の移動に伴う

50

分極電流による損失が大きくなる。線路導体 3 の幅が広いほど等価的な抵抗値が下がって損失が減少するので、人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 の中央部近傍領域 1 b の単位セル 2 A は、縁部近傍領域 1 a の単位セル 2 よりも線路導体 3 の幅を広くしている。

【 0 0 3 9 】

図 9 に示す人工誘電体共振器 7 B は、人工誘電体共振器 7 A との比較のために、図 8 に示した人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 の縁部近傍領域 1 a の単位セル 2 を全て単位セル 2 A に置き換えたものである。図 10 に示す人工誘電体共振器 7 B は、同じく比較のために、図 8 に示した人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 の中央部近傍領域 1 b の単位セル 2 A を全て単位セル 2 に置き換えたものである。

【 0 0 4 0 】

図 11 は、上記の人工誘電体共振器 7 B から人工誘電体共振器 7 A へ、人工誘電体共振器 7 A から人工誘電体共振器 7 C へ、段階的に単位セル 2 A と単位セル 2 を置き換えていったときの規格化した無負荷 Q の値のシミュレーションによる特性グラフである。縦軸は、規格化された無負荷 Q の値であり、横軸は、0 が人工誘電体共振器 7 B のときであり、0.5 が人工誘電体共振器 7 A のときであり、1 が人工誘電体共振器 7 C のときである。図 11 より、人工誘電体共振器 7 A は、人工誘電体 1 の損失が最も低減されていることが分かる。人工誘電体共振器 7 A の人工誘電体 1 における単位セル 2 又は単位セル 2 A の具体的な寸法や数などは、人工誘電体共振器 7 A が用いられる条件に合わせて、適宜最適化を行うのが好ましい。また、人工誘電体共振器 7 B 又は人工誘電体共振器 7 C も、適宜最適化を行い、その特性が求められる基準内であれば、使用可能である。

【 0 0 4 1 】

なお、シミュレーションの条件は、上述した人工誘電体共振器 7 についての場合と多くは同じであるが、単位セル 2 (及び 2 A) の長さ h が 10.8 mm、単位セル 2 の線路導体 3 の幅 w が 0.4 mm である。

【 0 0 4 2 】

以上、本発明の実施形態に係る人工誘電体について説明したが、本発明は、上述の実施形態に記載したものに限られることなく、特許請求の範囲に記載する事項の範囲内でのさまざまな設計変更が可能である。例えば、母材 6 中の金属層の数を少なくするなどの理由により、単位セル 2 を変形して、図 12 に示すように、容量電極導体 4 が線路導体 3 の一方の端部のみにおいて厚さ方向に片側のみ配置されるようにすることも可能である。この場合、各層間の距離は一定になり、また、容量電極導体 4 は、他の単位セル 2 の線路導体 3 と厚さ方向に対向することになる。その他、容量電極導体 4 の数は種々に変更可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

- 1 人工誘電体
- 2、2 A 単位セル
- 3 線路導体
- 4 容量電極導体
- 5 接続導体
- 6 母材
- 7、7 A、7 B、7 C 人工誘電体共振器

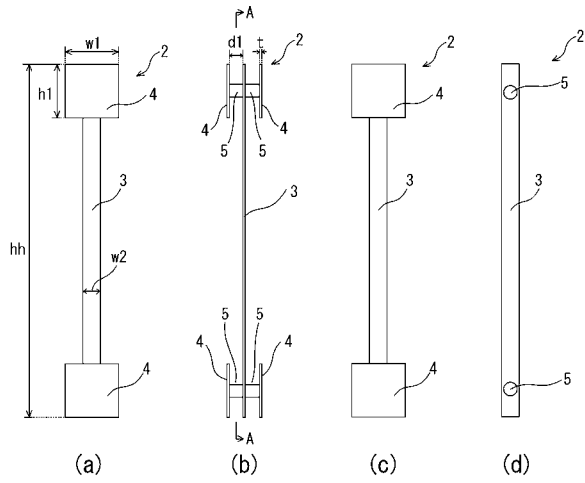
10

20

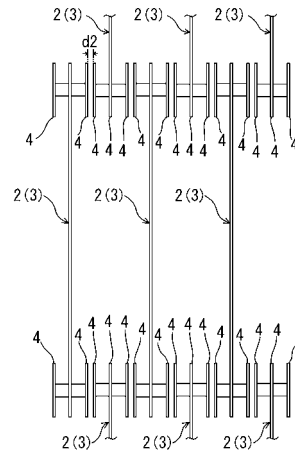
30

40

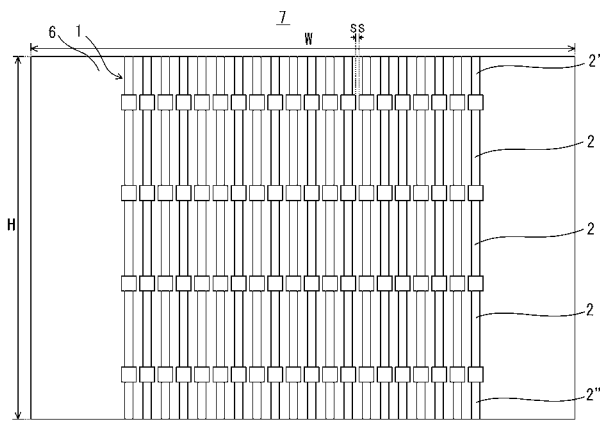
【 図 1 】



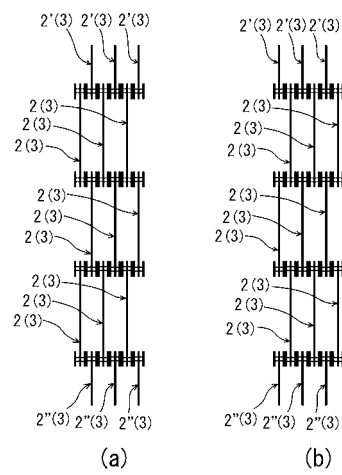
【 図 2 】



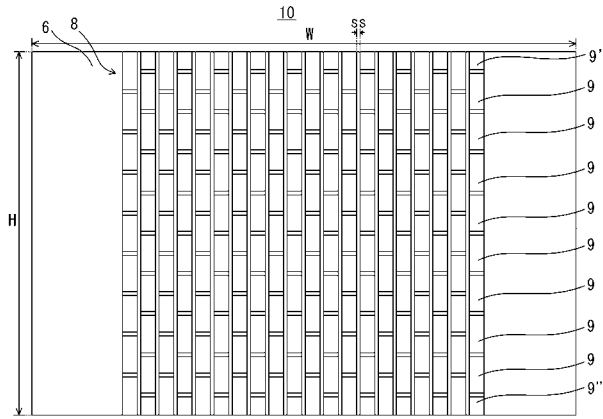
【 図 3 】



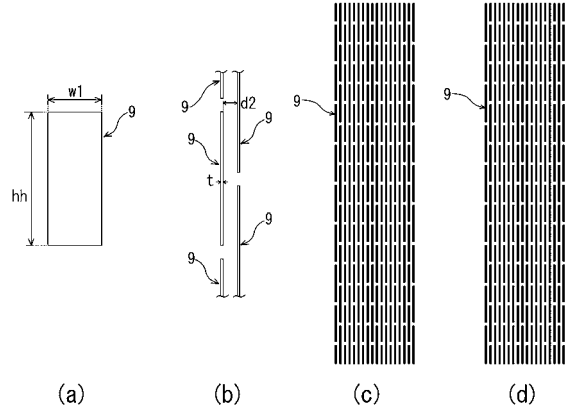
【 図 4 】



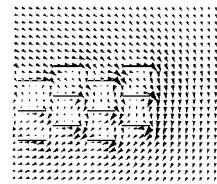
【 図 5 】



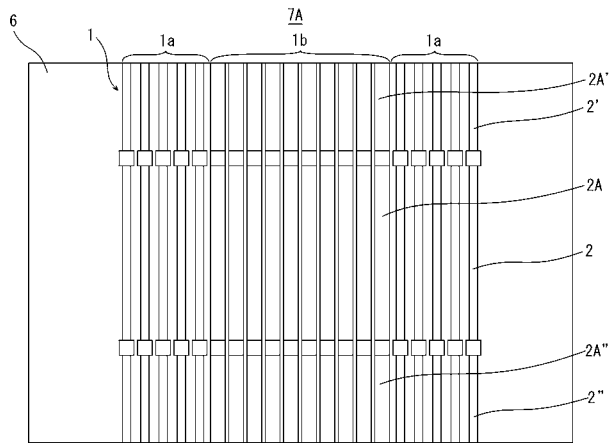
【 図 6 】



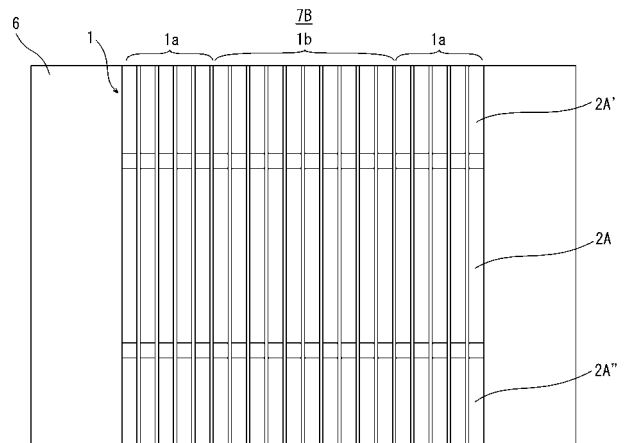
【 図 7 】



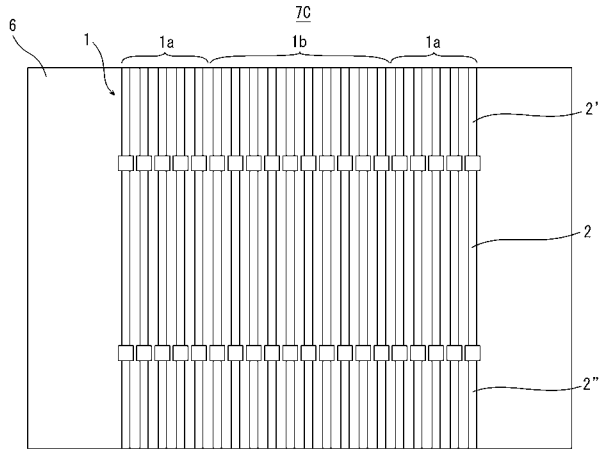
【 図 8 】



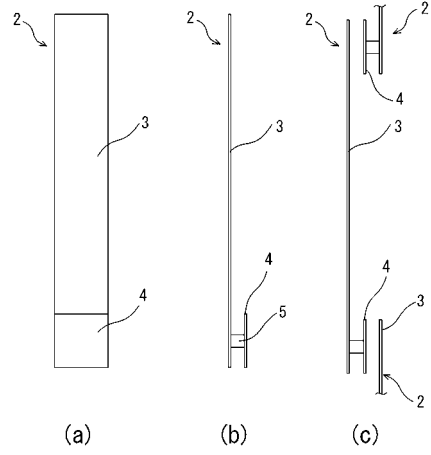
【 図 9 】



【図10】



【図12】



【図11】

